



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 101 63 635 C 1

51 Int. Cl. 7:
G 01 F 23/24
G 01 R 31/04
G 01 R 19/25

21 Aktenzeichen: 101 63 635.0-52
22 Anmeldetag: 21. 12. 2001
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 10. 2003

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Rolf, Hans-Joachim, Dipl.-Ing., 14547 Fichtenwalde,
DE

72 Erfinder:

gleich Patentinhaber

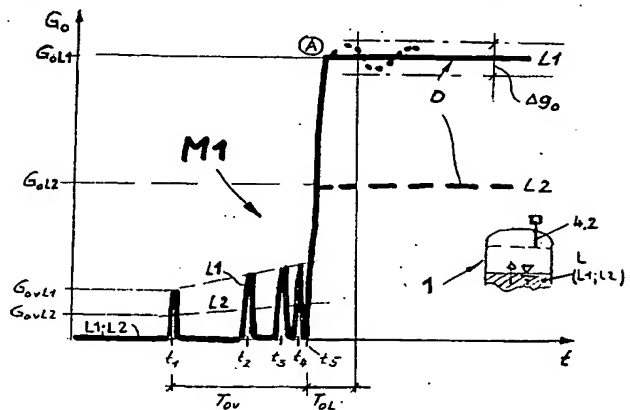
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 43 32 403 A1
DE 42 22 240 A1
JP 02-0 51 702 A

Datenblatt "SC4, SC8", Jan. 99, von Hans-Joachim
Rolf, Dipl.-Ing., Funklabor, Automatisierungs-
technik, Fichtenwalde, DE;

54 Verfahren und Anordnung zur Niveau-Grenzwerterfassung in Behältern mit elektrisch leitenden Medien

- 57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Niveau-Grenzwerterfassung in Behältern mit elektrisch leitenden Medien, die Einstell- und Justierarbeiten vor Ort durch eine Bedienperson überflüssig machen, und zwar bewirkt durch eine Selbstjustierung der Messelektrodenauswertung und einen sich fortlaufend optimierenden Schaltprozess bei der Niveau-Grenzwerterfassung. Dies wird verfahrenstechnisch dadurch erreicht,
- a) dass für die Befüllung oder Entleerung typische Verlaufsmuster (Basismuster) (M1, M2, ..., Mi) des elektrischen Signals (G; R) hinterlegt werden,
 - b) dass der Verlauf des elektrischen Signals (G; R) bei der Befüllung oder Entleerung (Istmuster) fortlaufend erfasst wird,
 - c) dass bei einer erstmaligen Befüllung oder Entleerung laufend ein Vergleich zwischen den hinterlegten Basismustern (M1, M2, ..., Mi) und dem bis zum Vergleichszeitpunkt ermittelten Istmuster durchgeführt wird,
 - d) dass der Vergleich frühestmöglich zu einer Entscheidung führt, welches Basismuster (M1, M2, ..., Mi) die aktuelle Befüllung oder Entleerung mit größter Wahrscheinlichkeit abbildet,
 - e) dass durch Generierung eines Schaltsignals die Befüllung oder Entleerung beendet wird beim Erreichen eines näherungsweise konstanten Endwertes des elektrischen Signals (G_{OLi} ; G_{ULi} bzw. R_{OLi} ; R_{ULi})
 - . nach einer im Basismuster festgelegten Abschaltzeit ($T_{OL(B)}$; $T_{UL(B)}$) oder
 - . nach einer bis zum Erreichen dieses Endwertes im ersten Istmuster abgelaufenen Abschaltzeit ...



DE 101 63 635 C 1

DE 101 63 635 C 1

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Niveau-Grenzwertfassung in Behältern mit elektrisch leitenden Medien nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 12.

STAND DER TECHNIK

[0002] In der DE 43 32 403 C2 ist eine elektrische Schaltungsanordnung zur Niveau-Grenzwertfassung in Behältern mit elektrisch leitenden Medien beschrieben, mit der das Verfahren der gattungsgemäßen Art durchführbar ist. Die bekannte elektrische Schaltungsanordnung ist unter anderem dadurch gekennzeichnet, dass über eine Bedieneinrichtung Daten für vorgegebene Niveau-Grenzwerte in digitaler Form in ein netzausfallsicheres Speichermittel eingelesen, dort gespeichert und aus diesem wieder ausgelesen werden, dass die ein- und ausgelesenen Daten und die Messwerte jeweils mittels einer Anzeigeeinrichtung angezeigt werden, und dass eine Einrichtung zur digitalen Messwert- und Signalverarbeitung zum Vergleich der im Speichermittel hinterlegten Daten mit den Messwerten vorgesehen und mit einer Steuer- und Anzeigesignale generierenden zweiten Signalverarbeitungseinrichtung verbunden ist. Durch diese elektrische Schaltungsanordnung lassen sich die gewünschten Niveau-Grenzwerte über diskrete vorzugebende Werte mittels einer beispielsweise dreistelligen digitalen Anzeige einstellen. Dadurch ergibt sich eine genaue, definierte und jeder Zeit reproduzierbare Schaltpunkteinstellung, wobei die Justierung der jeweils in Frage kommenden Messelektrode über die Bedieneinrichtung der elektrischen Schaltungsanordnung, und zwar an deren Einbauplatz im Schaltschrank der zentralen oder dezentralen Anlagensteuerung, vorgenommen wird.

[0003] In der DE 42 22 240 A1 ist ein Eich- bzw. Kalibrierverfahren samt Messvorrichtung beschrieben, mit deren Hilfe die toleranzbehafteten Kennwerte durchflussmengengeregelter Magnetventile in Wasch- und Geschirrspülmaschinen exakt erfasst und deren Fehler eliminiert werden können. Diese Haushaltsgeräte besitzen entweder niveauregelte oder zeitabhängig gesteuerte Wasserzulaufsysteme. Hierbei ergeben sich beim Befüllen dieser Geräte aufgrund der toleranzbehafteten Magnetventile Abweichungen vom "Soll"-Inhalt. Das bekannte Verfahren eliminiert mit Hilfe zweier Messvorgänge Abweichungen der "Soll"-Durchflussmenge und die Nachlaufzeit, welche beim Schließen des Einlassventils entsteht. Hierdurch werden genau gleiche "Soll"-Füllmengen erreicht. Die erste Messung bestimmt die Durchflussmenge durch ein Einlassventil über eine zu messende Füllzeit bis zum Erreichen eines vorgegebenen Messvolumens. Durch die zweite Messung wird das Einlassventil n-fach mit einer vorgegebenen Ventiltaktzeit so oft angesteuert, bis das Messvolumen zum zweiten Mal erreicht wurde. Daraus lässt sich die Nachlaufmenge ermitteln. Eine Steuereinheit ermittelt die vorgenannten Werte und legt sie einem Gerätearbeitsprogramm zugrunde.

[0004] Aus der JP 02 051 702 A ist eine optimierende Regleinrichtung bekannt, mit der die Belastung eines Bedieners und der Ausgangsverlust verringert und der wirkungsvolle Betrieb einer Anlage sichergestellt wird, indem ein Zielwert als Antwort auf die Lastinformation der Anlage errechnet und der errechnete Zielwert automatisch geändert wird. Dies geschieht im einzelnen dadurch, dass der Lastzustand einer Anlage und beispielsweise die Lastinformation

einer in Betrieb befindlichen Welle dieser Anlage aus den aktuellen gemessenen oder eingestellten Werten ermittelt wird. Daraus errechnet ein Rechenteil automatisch einen Zielwert des Betriebszustandes der Anlage als Antwort auf den Lastzustand der Anlage. Falls sich der Zielwert von einem in einem Speicherteil hinterlegten Zielwert unterscheidet, wird der eben errechnete Zielwert in den Speicherteil eingelesen. Danach wird die Anlage in Abhängigkeit von diesem Zielwert geregelt.

[0005] In dem Datenblatt "SC4, SC8", Jan. 99, von Hans-Joachim Rolf, Dipl.-Ing., Funklabor, Automatisierungstechnik, Fichtenwalde, DE, wird eine Weiterentwicklung der elektrischen Schaltungsanordnung gemäß DE 43 32 403 C2 beschrieben. Ein wesentliches Kennzeichen dieser elektrischen Schaltungsanordnung besteht darin, dass die Justierung der Messelektroden nicht mehr über eine Bedieneinrichtung an der elektrischen Schaltungsanordnung am Einbauplatz derselben erfolgt, sondern über einen an die elektrische Schaltungsanordnung angeschlossenen Personalcomputer.

[0006] Darüber hinaus sind elektrische Schaltungsanordnungen zur Niveau-Grenzwertfassung in Behältern mit elektrisch leitenden Medien bekannt, bei denen die Justierung der Messelektroden an diesen selbst, d. h. an ihrem Einbauplatz im Boden- und/oder Kopfbereich des Behälters, in dem diese angeordnet sind, vorzunehmen ist.

[0007] Der vorstehend referierte Stand der Technik weist eine Reihe von naheliegenden Nachteilen auf. Einstell- und Justierarbeiten an den Messelektroden unterliegen den oftmals rauen Betriebsbedingungen innerhalb einer Produktionsanlage. Bei der Einstellung und Justierung der elektrischen Schaltungsanordnung gemäß DE 43 32 403 C2 entfallen in der Regel zwar die vorgenannten Beeinträchtigungen, die notwendige Ausstattung der elektrischen Schaltungsanordnung zur Realisierung des Bedienkomforts, sei es durch eine Bedieneinrichtung unmittelbar an der Schaltungsanordnung oder mittels eines an letztere über ein Bedienerinterface anschließbaren Personalcomputers, ist jedoch relativ aufwendig. In jedem Falle erfordern beide Ausstattungsvarianten einen relativ hohen Verkabelungsaufwand. In allen vorstehend referierten Varianten ist für die Einstellung und Justierung der Messelektroden jedoch immer eine Bedienperson erforderlich, die bei der ersten Inbetriebnahme der Messelektroden und der Schaltungsanordnung, nach einem Austausch der Messelektrode oder ggf. bei veränderten Betriebsbedingungen, beispielsweise durch andersartige Produkte nach einem Produktwechsel, tätig werden muß.

ERFINDUNG

[0008] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Anordnung zur Niveau-Grenzwertfassung in Behältern mit elektrisch leitenden Medien zu schaffen, die Einstell- und Justierarbeiten vor Ort durch eine Bedienperson überflüssig machen, und zwar bewirkt durch eine Selbstjustierung der Messelektrodenauswertung und einen sich fortlaufend optimierenden Schaltprozess bei der Niveau-Grenzwertfassung.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des vorgeschlagenen Verfahrens gemäß der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche. Eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens ist gekennzeichnet durch die Merkmale im Nebenanspruch 12. Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Anordnung ist Gegenstand des Unteranspruchs 13.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren macht von der Erkenntnis Gebrauch, dass das Befüllen oder das Entleeren

eines Behälters mit elektrisch leitenden Medien gekennzeichnet ist durch ein typisches Verlaufsmuster des elektrischen Signals, welches für das zwischen Messelektrode und Behälterwand oder zwischen zwei Messelektroden befindliche elektrisch leitende Medium gewonnen wird. Dieses Verlaufsmuster ist nicht beliebig, sondern es ist, abhängig vom Zustand und/oder von der jeweiligen Zustandsänderung des Mediums im Bereich der Messelektrode, typisch und signifikant. Dies bedeutet nicht, dass sich in jedem Falle kongruente Verlaufsmuster darstellen, sondern lediglich, dass ähnliche Muster vorliegen, beispielsweise zum einen beim Eintauchen der Messelektrode in Flüssigkeit oder Schaum im Zuge der Befüllung des Behälters oder zum anderen beim Austritt der Messelektrode aus der Flüssigkeit oder aus dem Schaum im Zuge der Entleerung desselben. Diese Verläufe sind vergleichbar mit handschriftlich ausgeführten Schriftzeichen eines bestimmten Schrifttyps, die, abhängig vom Ausführenden, im Detail unterschiedlich ausgeprägt sein können, deren generelle Ausprägung jedoch unverwechselbar und eindeutig ist bzw. sein muss, damit eine zweifelsfreie Deutung gelingt.

[0011] Bei der erstmaligen Befüllung oder Entleerung eines Behälters wird auf hinterlegte Basismuster zurückgegriffen und es wird laufend ein Vergleich zwischen diesen hinterlegten Basismustern und dem bis zum Vergleichszeitpunkt ermittelten Istmuster durchgeführt. Dieser Vergleich führt zum frühestmöglichen Zeitpunkt zu einer Entscheidung, welches Basismuster die aktuelle Befüllung oder Entleerung mit größter Wahrscheinlichkeit abbildet. Sobald eine Entscheidung getroffen werden kann, wird ein Schaltsignal generiert, das die Befüllung oder Entleerung des Behälters beendet. Die Abschaltzeiten hierfür sind beim erstmaligen Befüllen oder Entleeren im Basismuster festgelegt oder diese Abschaltzeiten ergeben sich aus einer Zeitspanne für das Erreichen eines im ersten Istmuster näherungsweise konstanten Endwertes. Bei nachfolgenden Befüllungen oder Entleerungen tritt an die Stelle des Basismusters das jeweilige in Frage kommende Istmuster der letzten Befüllung oder Entleerung. Auf diese Weise kann der Schaltprozess bei der Niveau-Grenzwertfassung laufend optimiert und den aktuellen Betriebsbedingungen, resultierend aus der Tankgeometrie und/oder dem jeweiligen Produkt und seinen Besonderheiten und/oder verfahrenstechnischen Veränderungen angepasst werden.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren verfügt gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltungsvariante über eine Reihe von Basismustern, deren Anzahl erweiterbar ist und davon abhängt, über welchen Erfahrungshorizont und Datenbestand auf dem jeweiligen Anwendungsgebiet zurückgegriffen werden kann. Nach einer ersten Verfahrensvariante beschreibt das Basismuster die Befüllung des Behälters mit schaumfreier Flüssigkeit bis zur Vollmeldung.

[0013] Ein zweite Verfahrensvariante ist zusätzlich durch ein weiteres Basismuster gekennzeichnet, das die Entleerung des Behälters von schaumfreier Flüssigkeit bis zur Leermeldung beschreibt.

[0014] Weitere Basismuster im Kanon der hinterlegten Basismuster decken weitere mögliche Zustandsänderungen bei der Niveau-Grenzwertfassung der in Rede stehenden Art ab. Es sind dies die Befüllung des Behälters mit schaumbelasteter Flüssigkeit bis zur Vollmeldung, die Entleerung des Behälters von schaumbelasteter Flüssigkeit bis zur Leermeldung und die Entleerung des Behälters von schaumfreier oder schaumbelasteter Flüssigkeit bis zur Leermeldung bei oder trotz ausgeprägter Filmbildung auf der Messelektrode.

[0015] Da der Verlauf des elektrischen Signals bei der Befüllung oder Entleerung (Istmuster) als Folge unterschied-

lichster Einflüsse und Störungen zeitabhängigen Schwankungen unterliegen kann, die dem generellen Verlauf überlagert sind, sieht eine vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens gemäß der Erfindung vor, dass Schwankungen des Endwertes des elektrischen Signals innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs akzeptiert werden. Diese Maßnahme stellt sicher, dass ein temporäres Erreichen eines vorgegebenen Endwertes, der noch nicht hinreichend repräsentativ für den zugeordneten Zustand im Behälter ist, nicht automatisch und unmittelbar zur Generierung des Schaltsignals führt, das die Befüllung oder Entleerung des Behälters beendet.

[0016] Um die gewonnenen Signalmuster resistent gegen Zufallsergebnisse zu machen, sieht eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens gemäß der Erfindung vor, dass das gespeicherte Istmuster aus Durchschnittswerten einer vorgegebenen Anzahl vorangegangener Istmuster dargestellt wird. Diese Durchschnittswerte können auf die unterschiedlichste Art dargestellt werden. So ist es beispielsweise bekannt, einen Durchschnittswert als gleitenden Mittelwert einer bestimmten Anzahl vorangegangener Istmuster zu definieren. Dabei findet das jeweils jüngste Istmuster Berücksichtigung in der Berechnung und das jeweils älteste Istmuster entfällt.

[0017] Für den Fall, dass das laufend erfasste Istmuster eine Deutung seiner elektrischen Signale nicht zulässt, sieht eine weitere Ausführungsform des vorgeschlagenen Verfahrens vor, dass auf das jeweilige Basismuster, d. h. auf seine signifikanten Merkmale, wie beispielsweise die Abschaltzeit, zurückgegriffen wird.

[0018] In gleicher Weise wird nach einem weiteren Vorschlag verfahren, wenn das aktuell erfasste Istmuster vom gespeicherten, aktualisierten Istmuster um einen vorgegebenen Betrag (absolut oder relativ) abweicht.

[0019] Es wird weiterhin vorgeschlagen, Schaum und Flüssigkeit voneinander unabhängig zu erfassen und voneinander unabhängig zu signalisieren. Zu diesem Zweck wird die Anordnung zur Durchführung des Verfahrens mit zwei Signalausgängen ausgestattet, wobei die erfindungsgemäße Anordnung sich weiterhin dadurch auszeichnet, dass die erste Messelektrode eine erste Recheneinheit und eine erste Speichereinheit und die zweite Messelektrode eine zweite Recheneinheit und eine zweite Speichereinheit aufweisen und dass jede Messelektrode mit einer zentralen oder dezentralen Anlagensteuerung verbunden ist. Durch die Anordnung der Rechen- und Speichereinheit, vorzugsweise im Kopf der Messelektrode, werden alle gerätetechnisch notwendigen Bauteile an dieser Stelle versammelt. Da gemäß dem vorgeschlagenen Verfahren die Messelektrode selbststügend und lernfähig ist, wird die aus dem Stand der Technik notwendige Bedieneinrichtung in der elektrischen Schaltungsanordnung überflüssig. Das die Befüllung oder Entleerung des Behälters beendende Schaltsignal wird im Kopf der jeweiligen Messelektrode, in der Speicher- und Recheneinheit, generiert und von dort über Signalübertragungsleitungen an die zentrale oder dezentrale Anlagensteuerung übermittelt. Durch die erfindungsgemäße Anordnung werden die Kosten für die Inbetriebnahme der Messelektroden und ihre Überwachung drastisch reduziert, der Installationsaufwand wird vermindert und die Selektivität und Qualität der Abschaltung im Rahmen der Niveau-Grenzwertfassung wird durch die erfindungsgemäß verfahrenstechnisch implementierte Lernfähigkeit des Systems laufend verbessert und optimiert.

[0020] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung des vorgeschlagenen Verfahrens anhand von fünf typischen Basismustern des elektrischen Signals beim Befüllen bzw. Entleeren eines Behälters mit elektrisch leitenden Medien. Die ge-

troffene Auswahl der Basismuster ist beispielhaft und nicht vollständig. Jedes weitere in Vorversuchen gewonnene Verlaufsmuster, das eine reproduzierbare Zustandsänderung beschreibt, lässt sich in den Kanon der das vorgeschlagene erfindungsgemäße Verfahren ausgestaltenden Basismuster aufnehmen. Die im vorgeschlagenen Verfahren implementierte Lernfähigkeit im Zuge der Wahrnehmung aktueller Istmuster entwickelt jedes originäre Basismuster im Sinne einer Optimierung auf die aktuellen Verhältnisse weiter, so dass die laufend aktualisierten Istmuster schließlich im Rahmen späterer Anwendungen zu verbesserten Versionen der Basismuster erklärt werden können. Auf diese Weise entwickelt sich das Datenmaterial, auf das das vorgeschlagene Verfahren gemäß der Erfindung zurückgreifen kann, fast zwangsläufig immer weiter und führt so zur fortschreitenden Verfeinerung und Optimierung der Schaltprozesse bei der Befüllung und Entleerung von Behältern mit elektrisch leitenden Medien. Das vorgeschlagene Verfahren wird anhand von zeitlichen Verläufen des elektrischen Leitwertes G (beispielsweise gemessen in Siemens [S]) dargestellt. Anstelle dieser physikalischen Größe ließe sich das Verfahren auch uneingeschränkt an der reziproken physikalischen Größe, dem elektrischen Widerstand R ($R = 1/G$; gemessen in Ohm [Ω]), erläutern; die ebenfalls reziproken Verlaufsmuster wären dann sinngemäßer Weise zu interpretieren.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0021] Der Einbauort der Messelektroden zur Erfassung der Voll- und Leermeldung im Rahmen des vorgeschlagenen Verfahrens ist anhand eines Behälters mit einer am unteren Behälterende angeschlossenen Ablaufleitung beispielhaft dargestellt.

[0022] Es zeigen

[0023] Fig. 1 einen zeitlichen Verlauf des Leitwertes G_o beim Füllen eines Behälters mit Wellenbildung an der Oberfläche (Basismuster M1);

[0024] Fig. 2 einen zeitlichen Verlauf des Leitwertes G_u beim Entleeren des Behälters, wobei ein erneuter deutlicher Anstieg des Leitwertes ein Zusammenlaufen von Flüssigkeit beispielsweise nach dem Abschalten einer Pumpe signalisiert (Basismuster M2);

[0025] Fig. 3 einen zeitlichen Verlauf des Leitwertes G_o beim Füllen des Behälters mit Schaumbildung (Basismuster M3);

[0026] Fig. 4 einen zeitlichen Verlauf des Leitwertes G_u beim Entleeren des Behälters, wobei sich auf der Flüssigkeitsoberfläche eine Schaumschicht befindet (Basismuster M4);

[0027] Fig. 5 einen zeitlichen Verlauf des Leitwertes G_u beim Entleeren des Behälters, wobei der Einfluss unterschiedlicher Tankbodengeometrien und die Bildung eines Flüssigkeitsfilmes auf der Messelektrode beispielhaft dargestellt sind und

[0028] Fig. 6 in schematischer Darstellung einen Behälter mit je einer ersten und einer zweiten Messelektrode (Leer- bzw. Vollmeldelektrode) gemäß der Erfindung.

BEZUGSZEICHENLISTE DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN

Fig. 6

- 1 Behälter
- 1a Behälterboden
- 1b Kopfbereich
- 2 Ventil
- 3 Ablaufleitung

4.1 erste Messelektrode

4.2 zweite Messelektrode

5.1 erste Recheneinheit

5.1.1 erster Signalausgang der ersten Recheneinheit

5.1.2 zweiter Signalausgang der ersten Recheneinheit

5.2 zweite Recheneinheit

5.2.1 erster Signalausgang der zweiten Recheneinheit

5.2.2 zweiter Signalausgang der zweiten Recheneinheit

6.1 erste Speichereinheit

6.2 zweite Speichereinheit

7 zentrale oder dezentrale Anlagensteuerung (kurz: externe Steuereinheit)

8.1 erste Signalübertragungsleitung

8.2 zweite Signalübertragungsleitung

Fig. 1 bis 5

A, B, C, C*, E, signifikante Punkte der

III, K, M, N, O, Basismuster

P, Q, R, U, V M1, M2, . . . , Mi

D Dauersignal

F Flüssigkeitsfilm

F1, F2, . . . , Fi Flüssigkeitsfilm der flüssigen Medien L1, L2, . . . , Li

G Leitwert zwischen Messelektrode und Behälterwand oder zwischen zwei Messelektroden

G_o ; Leitwert am oberen Niveau, Vollmeldung

G_u ; Leitwert am unteren Niveau, Leermeldung

$G_{o\min}$ minimaler Leitwert bei Schaumberührung

G_{ov} Leitwert vor Dauerkontakt der Messelektrode mit Flüssigkeit am oberen Niveau

G_{us} Leitwert bei Schaumberührung am unteren Niveau

L Flüssigkeit

L1, L2, . . . , Li flüssige Medien

L1* Medium L1, beispielhafter Einfluss der Geometrie des Behälterbodens

M1, M2, . . . , Mi Basismuster

R Widerstand zwischen Messelektrode und Behälterwand oder zwischen zwei Messelektroden ($R = 1/G$)

R_o ; Widerstand am oberen Niveau, Vollmeldung

R_u ; Widerstand am unteren Niveau, Leermeldung

S Schaum, Schaumschicht

S1, S2, . . . , Si Schaum bzw. Schaumschicht der flüssigen Medien L1, L2, . . . , Li

S1* Schaum des Mediums L1, beispielhafter Einfluss der höhenabhängigen Dichte

T Zeitspanne

T_{oL} Abschaltzeit am oberen Niveau bei Flüssigkeitsberührung

T_{os} Eintauchzeit der Messelektrode in den Schaum am oberen Niveau

T_{ov} ; Zeitspanne vor Dauerkontakt der Messelektrode mit Flüssigkeit am oberen Niveau

T_{uF} Abschaltzeit nach Bildung eines Flüssigkeitsfilms auf der Messelektrode am unteren Niveau

T_{un} ; Zeitspanne nach Dauerkontakt der Messelektrode mit Flüssigkeit am unteren Niveau

T_{us} Eintauchzeit der Messelektrode in den Schaum am unteren Niveau

ΔG_o ; Toleranzbereich für Leitwert G (Endwert) am oberen Niveau (Vollmeldung)

ΔG_u Toleranzbereich für Leitwert G (Endwert) am unteren Niveau (Leermeldung)

t Zeit

Indices

B Basiswert (Basismuster)

F Flüssigkeitsfilm
 L Flüssigkeit
 S Schaum
 o oben
 n zeitlich nach Ereignis
 r Toleranzbereich für Widerstand R
 u unten
 v zeitlich vor Ereignis
 1, 2, 3, . . . , i fortlaufende Nummerierung

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0029] Fig. 6 zeigt einen Behälter 1, an dessen Behälterboden 1a eine Ablaufleitung 3 angeschlossen ist, in der sich ein letztere schaltendes Ventil 2 befindet. In der Ablaufleitung 3, in unmittelbarer Nähe zum Auslauf im Behälterboden 1a, befindet sich eine erste Messelektrode 4.1, die als sogenannte Leermeldeelektrode fungiert und im vorliegenden Fall die elektrische Leitfähigkeit G oder den Widerstand $R = 1/G$ eines Mediums zwischen dieser Messelektrode 4.1 und der diese umgebenden Rohr- bzw. Behälterwand misst. Die erste Messelektrode 4.1 ist über die Wandung der Ablaufleitung 3 in die Umgebung herausgeführt und verfügt dort in einem nicht näher bezeichneten Messkopf über eine erste Recheneinheit 5.1 und eine mit dieser verbundene erste Speicherereinheit 6.1. Das durch die erste Messelektrode 4.1 generierte Schaltsignal (Behälterzustand "leer") wird über einen ersten oder einen zweiten Signalausgang 5.1.1 bzw. 5.1.2 und eine an diese Signalausgänge angeschlossene erste Signalübertragungsleitung 8.1 an eine zentrale oder dezentrale Anlagensteuerung 7 übermittelt. Zur Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens ist wenigstens einer dieser Signalausgänge erforderlich. Bei Ausgestaltung der vorgeschlagenen Anordnung mit zwei Signalausgängen 5.1.1 und 5.1.2 ist beispielsweise eine unabhängige Signalisierung von Schaum und Flüssigkeit mit ein und derselben ersten Messelektrode 4.1 möglich.

[0030] In gleicher Weise, wie vorstehend beschrieben, wird bei der Befüllung des Behälters 1 dessen Zustand "voll" über eine zweite Messelektrode 4.2, die sogenannte Vollmeldeelektrode, erfasst. Diese zweite Messelektrode 4.2 greift über einen Kopfbereich 1b des Behälters 1 in dessen Innenraum ein. Sie nimmt an ihrem dem Behälterinnenraum abgewandten Ende eine zweite Recheneinheit 5.2 mit einem ersten und einem zweiten Signalausgang 5.2.1 und 5.2.2 in Verbindung mit einer zweiten Speicherereinheit 6.2 auf. Die Übermittlung des von der zweiten Messelektrode 4.2 generierten Schaltsignals wird über einen der beiden Signalausgänge 5.2.1, 5.2.2 und eine zweite Signalübertragungsleitung 8.2 an die zentrale oder dezentrale Anlagensteuerung 7 übermittelt, um dort beispielsweise die Befüllung des Behälters 1 oder dessen Entleerung durch Ausschalten einer Pumpe zu beenden oder um ein anderes Bauteil anzusteuern, das den Füll- oder Entleerungsvorgang unterbricht.

[0031] In Fig. 1 ist ein Basismuster M1 dargestellt, welches einen typischen Verlauf eines Leitwertes G_o (Ordinate) in Abhängigkeit von der Zeit t (Abszisse) beim Füllen des Behälters 1 abbildet. Solange eine Flüssigkeit L1 oder L2 keine Berührung mit der zweiten Messelektrode 4.2 hat, wird kein auswertbarer Leitwert G_o gemessen. Falls die Flüssigkeitsoberfläche im Behälter 1 aufgrund der Betriebsbedingungen eine Wellenbildung aufweist, kann es vor der eigentlichen Vollmeldung, d. h. wenn die zweite Messelektrode 4.2 bei beruhigter Flüssigkeitsoberfläche gerade in die Flüssigkeit L eintaucht, zu temporären Berührungen der Wellenberge mit der zweiten Messelektrode 4.2 kommen. Die dann kurzzeitig gemessenen Leitwerte G_o der beispielhaft dargestellten beiden Flüssigkeiten L1 und L2 sind in

Fig. 1 für derartige Ereignisse zu unterschiedlichen Zeiten t_1 bis t_5 mit G_{ovL1} bzw. G_{ovL2} gekennzeichnet. Die hierfür beispielsweise in Frage kommende Zeitspanne vor dem Dauerkontakt der zweiten Messelektrode 4.2 mit Flüssigkeit L1 oder L2 am oberen Niveau ist mit T_{ov} gekennzeichnet. Diese Zeitspanne T_{ov} wird zwangsläufig immer kürzer, bis es dann zum dauerhaften Kontakt zwischen der zweiten Messelektrode 4.2 und der Flüssigkeit L1 oder L2 kommt und ein Dauersignal D des Leitwertes G_o mit hohem Endwert am oberen Niveau ansteht. Der Beginn des Dauersignales D ist mit Punkt A gekennzeichnet. Die Generierung eines Schaltsignals, das die Befüllung des Behälters 1 beendet, wird nach einer Zeit T_{ol} , die die Abschaltzeit am oberen Niveau bei Flüssigkeitsberührung definiert, generiert. Unterschiedliche Flüssigkeiten L ergeben aufgrund unterschiedlicher elektrischer Leitfähigkeiten zwangsläufig bei Vollmeldung unterschiedliche Leitwerte G_o am oberen Niveau. So liefert beispielsweise eine Flüssigkeit L2 am oberen Niveau den Leitwert G_{olL2} gegenüber G_{olL1} für die Flüssigkeit L1. Da man kurzzeitig hinter dem signifikanten Punkt A noch nicht sicher sein kann, dass der Behälter wirklich voll ist, wird der dort gemessene Wert G_{olL1} bzw. G_{olL2} über die Abschaltzeit T_{ol} überwacht und Schwankungen des elektrischen Signals G_{olL1} , bzw. G_{olL2} innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs ΔG_o werden akzeptiert, ohne dass es bereits kurze Zeit nach dem Punkt A, falls der vermeintliche Endwert G_{olL1} , bzw. G_{olL2} kurzfristig ansteigt oder abfällt, vorzeitig zu einem Schaltsignal kommt.

[0032] Die Entleerung des Behälters 1 wird in Fig. 2 beispielhaft durch ein Basismuster M2 dargestellt. Bei hinreichend befülltem Behälter 1, d. h. bei einer nennenswerten Überdeckung der ersten Messelektrode 4.1, wird beispielsweise ein Leitwert G_{ulL1} für die Flüssigkeit L1 oder ein Leitwert G_{ulL2} für die Flüssigkeit L2 gemessen. Da mit fortschreitender Entleerung die mit Flüssigkeit L1, L2 benetzte Fläche der Gegenelektrode zur ersten Messelektrode 4.1, nämlich beispielsweise die Behälterwand, fortschreitend abnimmt, sinkt auch der gemessene Leitwert G_u entsprechend. Am signifikanten Punkt C verliert die erste Messelektrode 4.1 den Kontakt mit der Flüssigkeit L1, L2 und der zugeordnete Leitwert G_u wird drastisch reduziert auf den Leitwert am unteren Niveau (Leermeldung) G_{ufL1} bzw. G_{ufL2} (Punkt E). Sofern es nachfolgend zu keiner weiteren Beschwallung der ersten Messelektrode 4.1 kommt, beispielsweise durch Zusammenlaufen von Flüssigkeit L1 oder L2 nach Abschalten einer nicht dargestellten Pumpe oder Schließen des Ablaufventils 3, wird nur noch das Dauersignal D auf dem Leitwertniveau G_{ufL1} oder G_{ufL2} gemessen (Punkt H). Die Abschaltzeit, nach der ein Schaltsignal generiert wird, ist in diesem Falle mit T_{uf} gekennzeichnet. Schwankungen des Endwertes des elektrischen Signals G_{ufL1} , G_{ufL2} innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs ΔG_u werden akzeptiert, ohne dass es vorzeitig zur Generierung des Schaltsignales kommt. Für den Fall, dass nach dem Abschalten beispielsweise einer Pumpe noch Flüssigkeit L1, L2 zusammenläuft, wird die erste Messelektrode 4.1 erneut benetzt und es kann zu einem deutlichen Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit G_{ulL1} bzw. G_{ulL2} auf ein Niveau kommen, das durch den Punkt C* gekennzeichnet ist. Die Zeitspanne hierfür ist mit T_{un} bezeichnet und sie kennzeichnet die Zeit nach dem Dauerkontakt der Messelektrode mit Flüssigkeit am unteren Niveau. In der Regel erreichen die Leitwerte G_u am unteren Niveau nicht den Wert null, da sich meist auf der ersten Messelektrode 4.1 unter den genannten Bedingungen ein Flüssigkeitsfilm F bildet, der im leeren Behälter 1 die Messfläche der ersten Messelektrode 4.1 und die Behälter- bzw. Rohrwand leitend miteinander verbindet. Die entsprechenden Messsignale sind für die Flüssigkeiten L1 und L2 mit F1

und F2 bezeichnet.

[0033] Für den Fall, dass auf der Flüssigkeitsoberfläche eine Schaumschicht S lastet, wird die zweite Messelektrode 4.2, ausgehend von einem Punkt I, zunächst mit dem oberen Bereich der Schaumschicht S1 oder S2 in Berührung kommen. Dieser Punkt ist in Fig. 3, das ein typisches Basismuster M3 für einen derartigen Sachverhalt darstellt, mit Punkt K gekennzeichnet; es wird bei diesem Zustand ein minimaler Leitwert G_{0Smin} gemessen. Da mit zunehmendem Eintauchen der zweiten Messelektrode 4.2 der Schaumweg, den die zweite Messelektrode 4.2 überbrücken müssen, kürzer wird und der Flüssigkeitsweg, der besser leitet, größeren Einfluss gewinnt, steigen die Leitwerte G_0 für die mit der Schaumschicht S1, S2 beladenen Flüssigkeiten L1 bzw. L2 kontinuierlich an. Die entsprechenden Leitwertverläufe sind mit S1 bzw. S2 gekennzeichnet. Von derartigen linearen Verläufen wäre näherungsweise auszugehen, wenn die Konsistenz der Schaumschicht S1 und S2 homogen wäre. In jedem Falle verläuft der Gradient dG_0/dt , d. h. der zeitliche Anstieg der Leitwerte G_0 im Schaum S1, S2, flacher als bei Eintauchen der zweiten Messelektrode 4.2 in Flüssigkeit (strichpunktierte Linie L1, L2, ausgehend vom Punkt K). Es wird jedoch in der Praxis überwiegend so sein, dass die Dichte des Schaumes S höhenabhängig ist, so dass die zweite Messelektrode 4.2 zunächst in einen lockeren und dann, mit zunehmender Befüllung, in einen fester werdenden Schaum S eintritt. Ein sich daraus ergebender nichtlinearer, in der Regel progressiver Anstieg ist mit S1* gekennzeichnet. Nach einer Eintauchzeit T_{0S} der zweiten Messelektrode 4.2 in die Schaumschicht S1, S2 am oberen Niveau wird ein Punkt M erreicht, von dem ab dann ein Dauersignal D messtechnisch erfasst wird. Dies kennzeichnet dann das Eintauchen der zweiten Messelektrode 4.2 in die Flüssigkeit L1 oder L2. Die entsprechenden Endwerte der Leitfähigkeit sind mit G_{0L1} bzw. G_{0L2} angegeben. Ein Schaltsignal wird, wie bereits in Fig. 1 beschrieben, nach der Abschaltzeit T_{0L} generiert. Am oberen Niveau werden dann wiederum ggf. Schwankungen des Endwertes des elektrischen Signals G_{0L1} , G_{0L2} innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs ΔG_0 akzeptiert.

[0034] Die Entleerung des Behälters 1 von einer Flüssigkeit L1 oder L2, auf deren Oberfläche eine Schaumschicht S1 bzw. S2 lastet, wird durch ein Basismuster M4 (Fig. 4) dargestellt. Ein Abfall des Leitwertes G_u am unteren Niveau (G_{uL1} für L1, G_{uL2} für L2), gekennzeichnet durch Punkte N, O und P, wurde bereits in Fig. 2 beschrieben. Sobald die erste Messelektrode 4.1 mit ihrem Ende aus der Flüssigkeitsoberfläche austritt, wird sie vom Schaum S1 oder S2 aufgeschlagen. In sinngemäßer Umkehrung des aus Fig. 3 ersichtlichen Verlaufes der Leitwerte G_0 für Schaum S fällt nunmehr der entsprechende Leitwert G_u bei der Entleerung vom Punkt P auf einen Punkt Q ab. Die in Frage kommenden Verläufe sind mit S1 und S2 gekennzeichnet. Die Eintauchzeit der ersten Messelektrode 4.1 in Schaum S am unteren Niveau ist mit T_{uS} angegeben. In der Regel muss eine die Entleerung des Behälters 1 bewirkende Pumpe abschalten, wenn sich nur noch Schaum S im Behälter befindet. Ein entsprechendes Schaltsignal würde dann nach der Eintauchzeit T_{uS} generiert. Schwankungen des Endwertes des Leitwertes G_{uS1} , am unteren Niveau werden innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs ΔG_u akzeptiert. Sofern es die Betriebs- und/oder Verfahrensbedingungen zulassen, den Schaum S1, S2 vollständig abzusaugen, kann die Generierung des Schaltsignals auch nach einer Abschaltzeit T_{uF} nach Bildung eines Flüssigkeitsfilms F1, F2 auf der ersten Messelektrode 4.1 am unteren Niveau erfolgen (Dauersignal D).

[0035] Ein Basismuster M5, das die Änderung der Leit-

werte G_u vom Flüssigkeitskontakt (G_{uL}) der ersten Messelektrode 4.1 bis zu ihrem Filmkontakt G_{uF} beschreibt, ist aus Fig. 5 ersichtlich. Ein anfänglicher Verlauf, gekennzeichnet durch die Punkte R, U und V, ergibt sich aus dem entsprechenden Verlauf des Basismusters M2 in Fig. 2 (Punkte B, C, E). Die Entleerung wird beendet durch Generierung eines Schaltsignales nach der Abschaltzeit T_{uF} . Ein Verlauf des Leitwertes G_{uL1} , bei Flüssigkeitskontakt gekennzeichnet durch einen Kurvenverlauf L1*, zeigt beispielhaft den Einfluss der Tankbodengeometrie, d. h. ob es sich im vorliegenden Falle um einen flachen, schwach oder stark gewölbten oder gar konusförmigen Tankbodenverlauf handelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Niveau-Grenzwertfassung in Behältern mit elektrisch leitenden Medien (L1, L2, ..., Li) mittels einer auf die elektrische Leitfähigkeit ansprechenden Messelektrode, mit dem ein oberes diskretes Niveau des im Behälter bevorrateten Mediums im Zuge der Befüllung des Behälters (Vollmeldung) oder ein unteres diskretes Niveau im Zuge der Entleerung des Behälters (Leermeldung) erfasst und in Form eines elektrischen Signals (G; R), vorzugsweise als elektrischer Leitwert (G) oder Widerstand (R) gemessen zwischen Messelektrode und Behälterwand oder zwischen zwei Messelektroden, ausgegeben wird, **dadurch gekennzeichnet,**

- a) dass für die Befüllung oder Entleerung typische Basismuster (M1, M2, ..., Mi) für den zeitlichen Verlauf des elektrischen Signals (G; R) hinterlegt werden,
- b) dass der Verlauf des elektrischen Signals (G; R) bei der Befüllung oder Entleerung als Istmuster fortlaufend erfasst wird,
- c) dass bei einer erstmaligen Befüllung oder Entleerung laufend ein Vergleich zwischen den hinterlegten Basismustern (M1, M2, ..., Mi) und dem bis zum Vergleichszeitpunkt ermittelten Istmuster durchgeführt wird,
- d) dass der Vergleich beim Erreichen eines näherungsweise konstanten Endwertes des elektrischen Signals (G_{0Li} ; G_{uFi} ; bzw. R_{0Li} ; R_{uFi}) zu einer Entscheidung führt, welches Basismuster (M1, M2, ..., Mi) die aktuelle Befüllung oder Entleerung mit größter Wahrscheinlichkeit abbildet,
- e) dass durch Generierung eines Schaltsignals die Befüllung oder Entleerung beendet wird
 - nach einer im Basismuster festgelegten Abschaltzeit ($T_{0L(B)}$; $T_{uF(B)}$) oder
 - nach einer ab dem Erreichen des Endwertes im Istmuster abgelaufenen Abschaltzeit (T_{0L} ; T_{uF}),
- f) dass das bis zum Ablauf der jeweiligen Abschaltzeit erfasste Istmuster gespeichert wird,
- g) und dass bei nachfolgenden Befüllungen oder Entleerungen jeweils die Verfahrensschritte b) bis f) durchlaufen werden, wobei an Stelle des jeweils in Frage kommenden Basismusters das gespeicherte, diesbezügliche Istmuster der letzten Befüllung oder Entleerung tritt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Basismuster (M1) die Befüllung des Behälters mit schaumfreier Flüssigkeit (L1, L2, ..., Li) bis zur Vollmeldung (G_{0L1} , G_{0L2} , ..., G_{0Li} bzw. R_{0L1} , R_{0L2} , ..., R_{0Li}) beschreibt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

net, dass das Basismuster (M2) die Entleerung des Behälters von schaumfreier Flüssigkeit (L1, L2, L1) bis zur Leermeldung (G_{uF1} , G_{uF2} , ..., G_{uFi} bzw. R_{uF1} , R_{uF2} , ..., R_{uFi}) beschreibt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Basismuster (M3) die Befüllung des Behälters mit schaumbeladener Flüssigkeit (L1, L2, ..., Li) bis zur Vollmeldung (G_{oL1} , G_{oL2} , ..., G_{oLi} bzw. R_{oL1} , R_{oL2} , ..., R_{oLi}) beschreibt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Basismuster (M4) die Entleerung des Behälters von schaumbeladener Flüssigkeit (L1, L2, ..., L1) bis zur Leermeldung (G_{uF1} , G_{uF2} , ..., G_{uFi} bzw. R_{uF1} , R_{uF2} , ..., R_{uFi}) beschreibt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 3 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Basismuster (M5) die Entleerung des Behälters von schaumfreier oder schaumbeladener Flüssigkeit (L1, L2, ..., Li) bis zur Leermeldung (G_{uF1} , G_{uF2} , ..., G_{uFi}) bei oder trotz ausgeprägter Filmbildung auf einer Messelektrode (4.1) beschreibt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass Schwankungen des Endwertes des elektrischen Signals (G_{oLi} ; G_{uFi} bzw. R_{oLi} ; R_{uFi}) innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs (ΔG_o ; ΔG_u bzw. ΔR_o ; ΔR_u) akzeptiert werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass das gespeicherte Istmuster aus Durchschnittswerten einer vorgegebenen Anzahl vorangegangener Istmuster dargestellt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf die Abschaltzeit ($T_{oL(B)}$; $T_{uF(B)}$) des jeweiligen Basismusters (M1, M2, ..., Mi) zurückgegriffen wird, wenn das laufend erfasste Istmuster eine Deutung seiner elektrischen Signale nicht zulässt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf die Abschaltzeit ($T_{oL(B)}$; $T_{uF(B)}$) des jeweiligen Basismusters (M1, M2, ..., Mi) zurückgegriffen wird, wenn das aktuell erfasste Istmuster vom gespeicherten, aktualisierten Istmuster um einen vorgegebenen Betrag (absolut oder relativ) abweicht.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Schaum (S1, S2, ..., Si) und Flüssigkeit (L1, L2, ..., Li) voneinander unabhängig erfasst und voneinander unabhängig signalisiert werden.

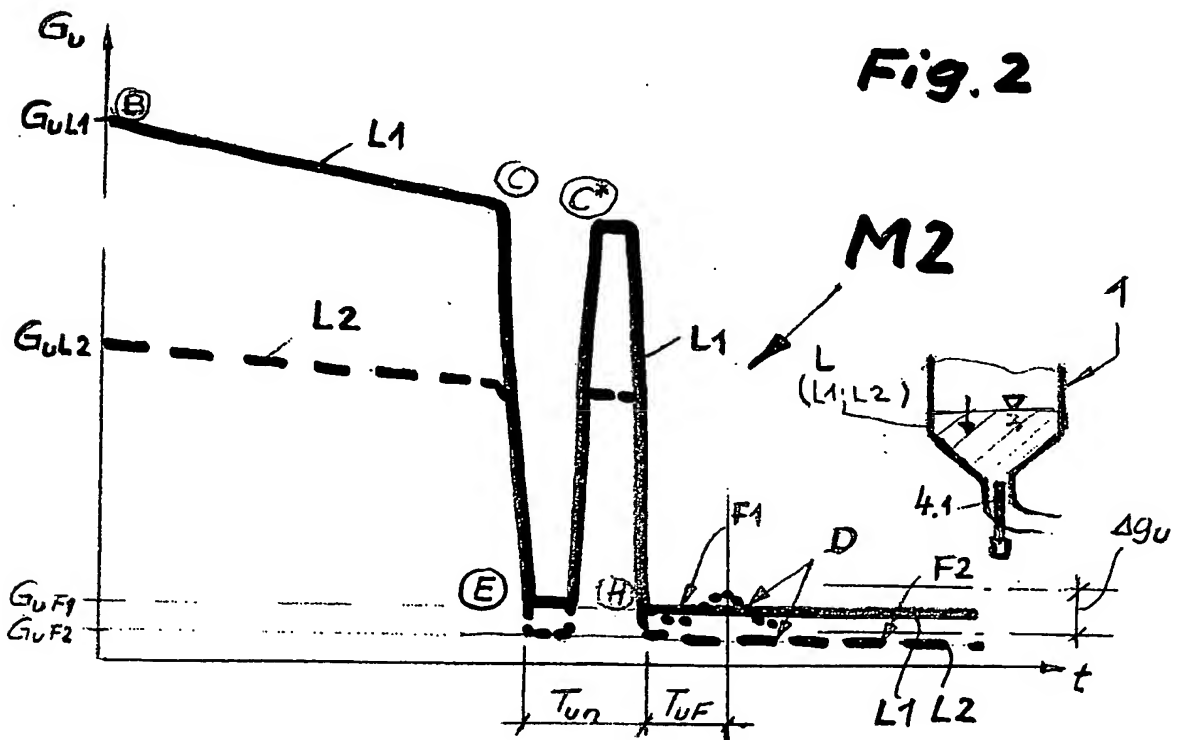
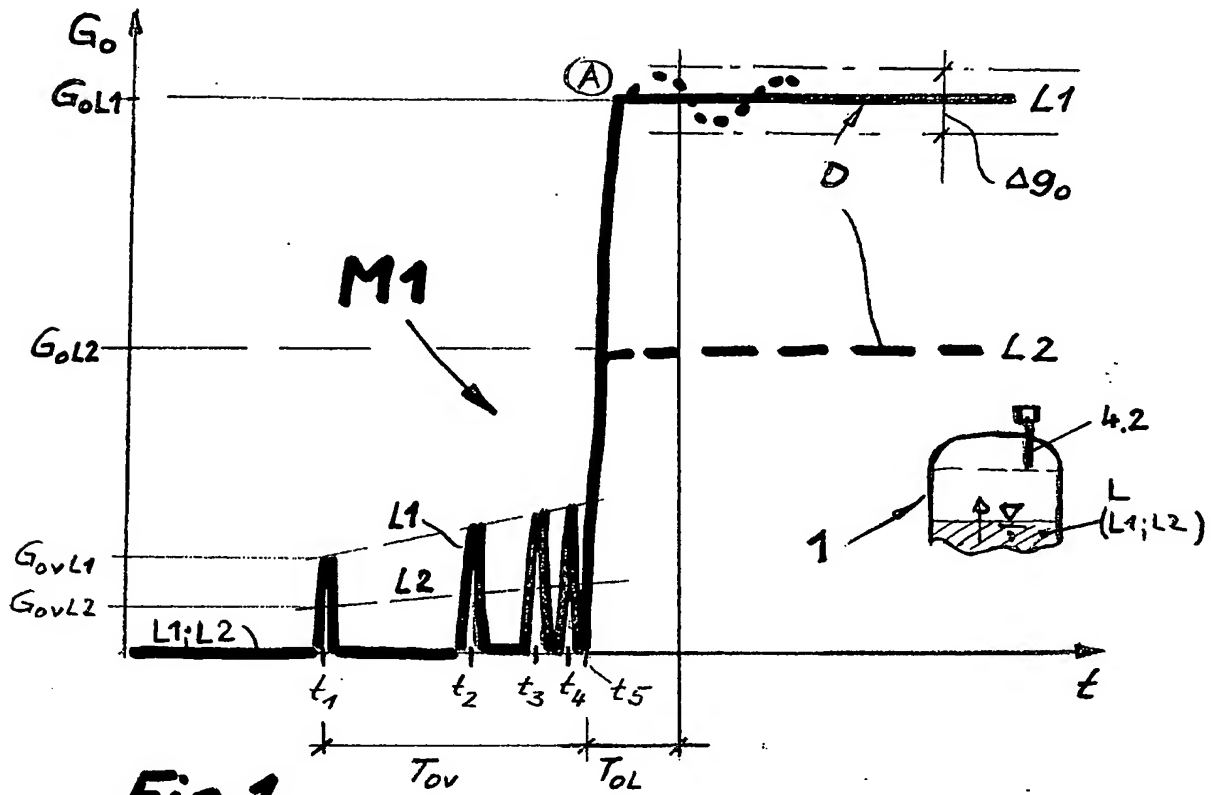
12. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit einem Behälter (1), einer auf die elektrische Leitfähigkeit (G bzw. $R = 1/G$) des im Behälter (1) bevorrateten, elektrisch leitenden Mediums (L1, L2, ..., Li) ansprechenden zweiten Messelektrode (4.2) für ein oberes diskretes Niveau dieses Mediums und/oder einer in einer aus einem Behälterboden (1a) ausmündenden Ablaufleitung (3) angeordneten ersten Messelektrode (4.1) für ein unteres diskretes Niveau, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Messelektrode (4.1) eine erste Recheneinheit (5.1) und eine erste Speichereinheit (6.1) und die zweite Messelektrode (4.2) eine zweite Recheneinheit (5.2) und eine zweite Speichereinheit (6.2) aufweisen, dass jede Messelektrode (4.1, 4.2) mit einer zentralen oder dezentralen Anlagensteuerung (7) verbunden ist, und dass das bei Erreichen eines Niveau-Grenzwertes generierte Schaltsignal über wenigstens einen Signalausgang (5.1.1, 5.1.2; 5.2.1, 5.2.2) der ersten und zweiten Recheneinheit (5.1, 5.2) an die Anlagensteuerung (7)

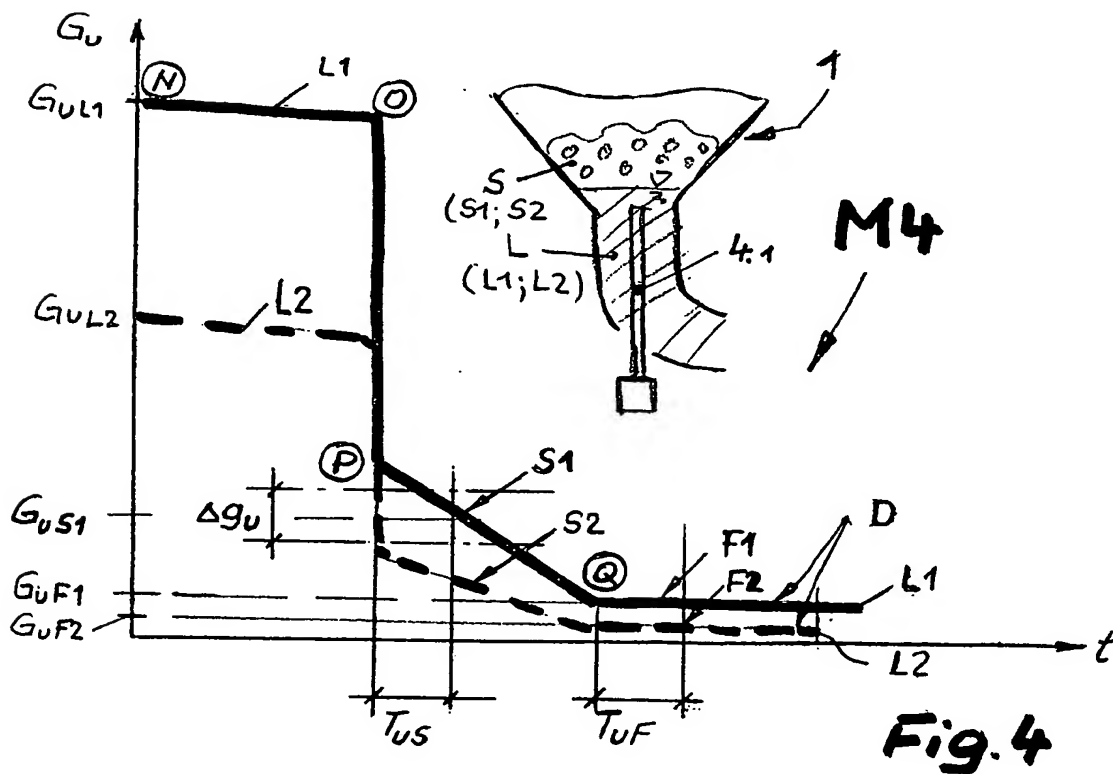
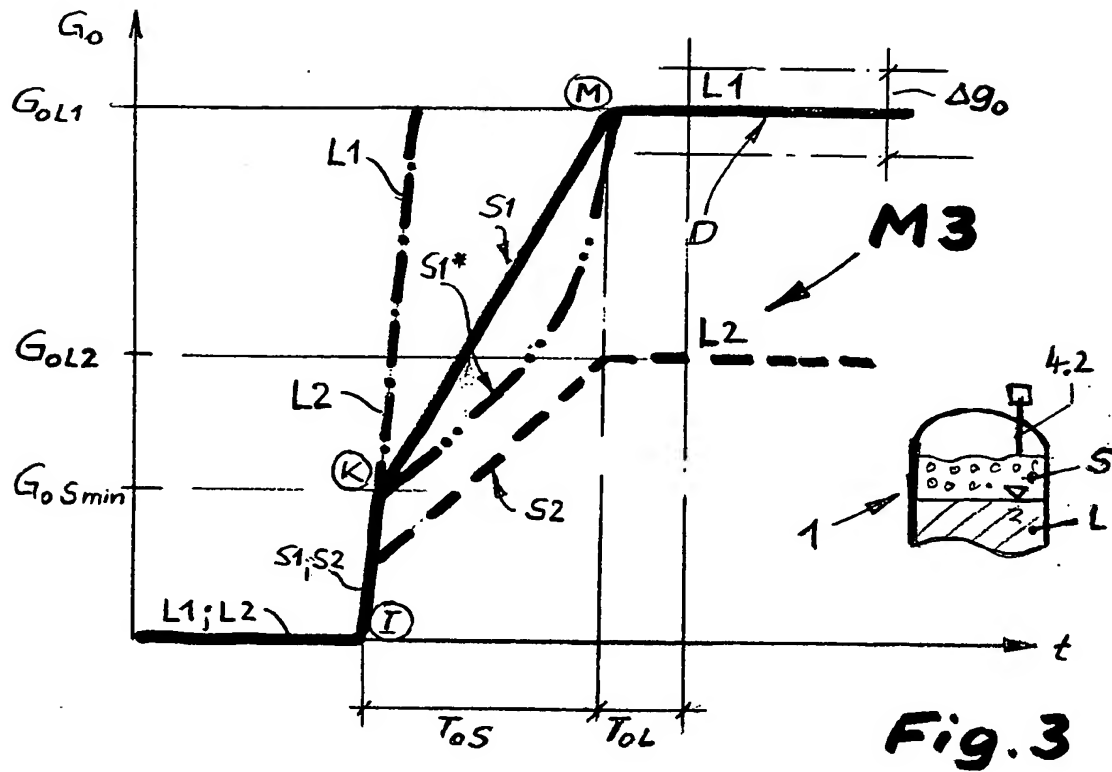
übermittelbar ist.

13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechen- und Speichereinheit (5.1, 6.1; 5.2, 6.2) jeweils als hochintegrierte digitale Baueinheit ausgeführt ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -





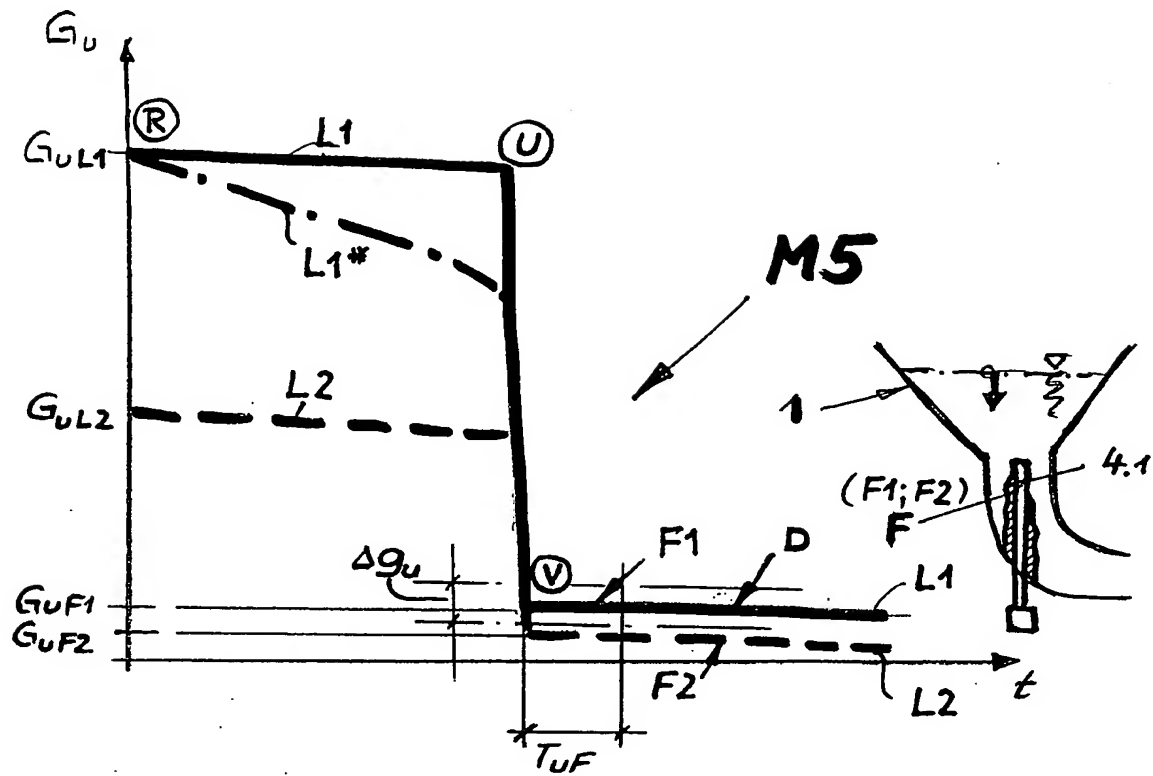


Fig. 5

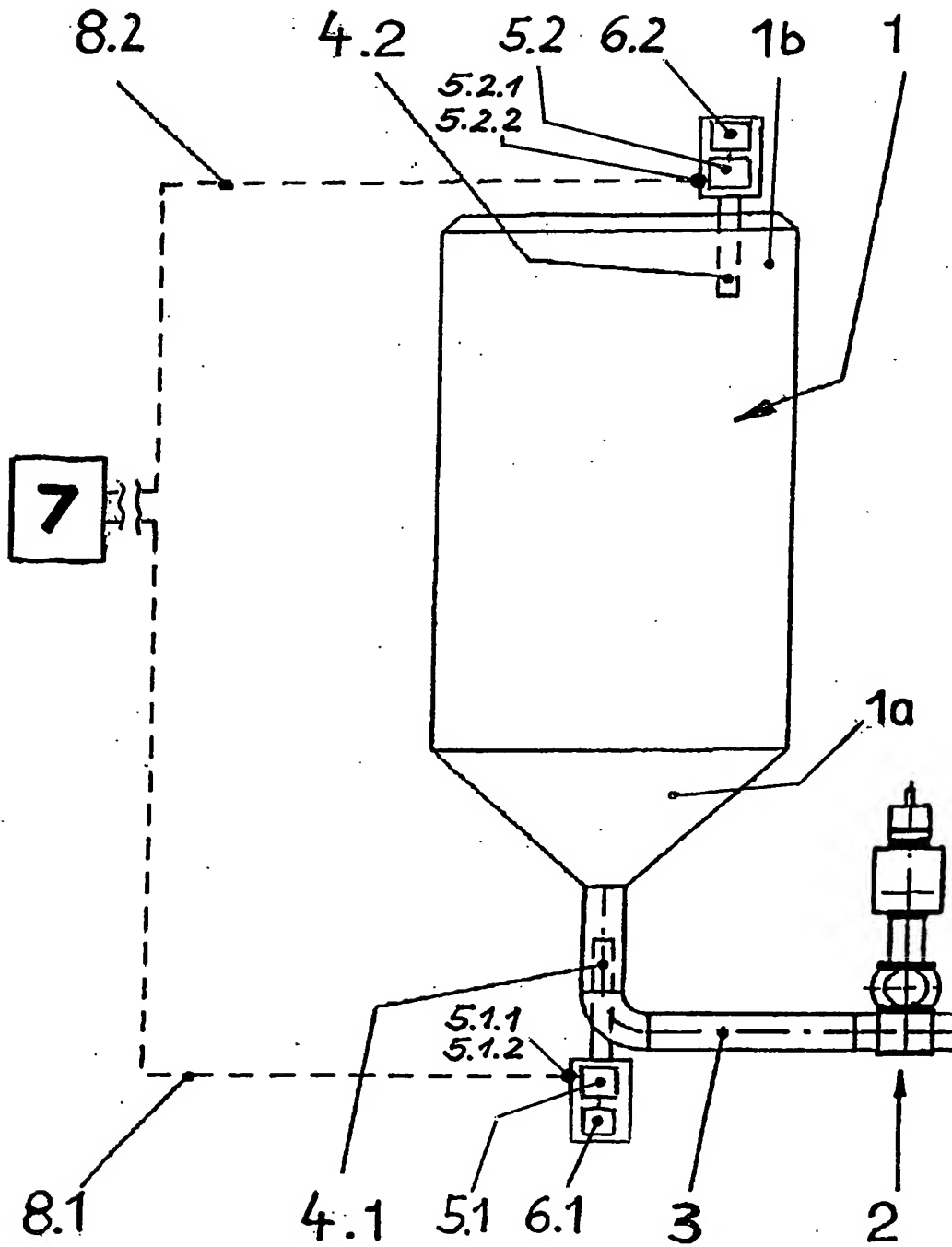


Fig. 6